

Pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique

L'invention concerne une pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique.

La propulsion d'engins en milieu aquatique, notamment lorsque ces 5 engins du type sous-marin évoluant, au moins momentanément en immersion, nécessite la fourniture d'une énergie de propulsion, telle qu'une énergie électrique, dans des conditions de puissance, de durée et de modulation par plages successives bien déterminées.

C'est en particulier le cas pour des engins sous-marins d'attaque, 10 de riposte ou d'observation lancés à partir d'un autre engin porteur, tel qu'un sous-marin, de tels engins sous-marins lancés étant alors soumis à une étape ou phase de lancement, généralement brève, suivie d'une étape ou phase de croisière plus longue.

L'alimentation en énergie électrique de tels engins sous-marins 15 lancés doit alors répondre à des critères très spécifiques de puissance électrique délivrée et de durée de délivrance de cette énergie, afin de permettre aux engins sous-marins lancés de remplir leur mission conformément à un programme pré-établi.

Dans ces conditions, l'utilisation de sources d'énergie électrique 20 classiques, telles que les batteries d'accumulateurs au plomb, ne peut être retenue en raison, d'une part, de la puissance électrique demandée pour assurer une telle fonction et, d'autre part, de la masse inerte nécessaire à la mise en œuvre de telles sources d'énergie électrique classiques.

Les sources d'énergie électrique connues de l'état de la technique 25 de type piles thermiques permettent, de manière générale, de délivrer une puissance électrique importante. Elles nécessitent, toutefois, la fourniture d'une énergie thermique importante, afin de permettre la fourniture d'une puissance électrique en conséquence.

De telles sources ne peuvent, pour cette raison, être utilisées 30 pendant des durées de mission d'engins aquatiques, notamment d'engins sous-marins, excédant quelques dizaines de secondes, en raison de la difficulté majeure rencontrée pour fournir une telle quantité d'énergie électrique au-delà d'une telle durée, à partir de sources thermiques embarquées sur de tels engins, lorsque, en particulier, ceux-ci sont immergés.

Ainsi qu'on l'observera sur la Figure 1a précitée, la pile électrique objet de l'invention comporte dans au moins dans un corps de pile étanche, noté 0, une première chambre 1, une deuxième chambre 2 et une troisième chambre 3, chacune des chambres précitées formant un logement.

5 La première chambre 1 comporte une pile électrique auxiliaire notée 1₀ et un module de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion, noté 1₁.

La deuxième chambre 2 comporte une pile électrique principale, notée 2₁₁, cette pile électrique principale étant de manière avantageuse de 10 type électrochimique afin d'opérer dans les conditions qui seront explicitées ci-après.

La deuxième chambre 2 est en outre munie d'organes d'admission contrôlée et de régulation d'un flux d'eau du milieu aquatique dans la deuxième chambre 2, laquelle forme un réservoir, pour constituer suite à la commande 15 d'admission de l'eau du milieu aquatique dans le réservoir précité un électrolyte d'activation, noté 2₀, lequel bien entendu a pour fonction d'activer la pile électrique principale 2₁₁.

Enfin, la troisième chambre 3 comporte un module d'amorçage d'admission par aspiration de l'eau du milieu aquatique et de rejet par 20 échappement des effluents issus de la réaction chimique de la pile principale dans le milieu aquatique, les opérations d'admission par aspiration et de rejet par échappement des effluents étant effectuées à partir d'une vanne d'admission 3₂ respectivement d'une vanne d'échappement 3₃ montée dans la troisième chambre 3.

25 Le module d'amorçage porte la référence 3₄ sur la Figure 1a. Il permet d'assurer l'amorçage d'admission par aspiration de l'eau par l'intermédiaire de la vanne d'admission 3₂ respectivement la commande de rejet des fluents par la vanne d'échappement 3₃ ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

30 Selon un aspect particulièrement avantageux de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique, objet de la présente invention, le module 1₁ de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion situé dans la première chambre 1 permet l'actionnement de la pile électrique auxiliaire 1₀ pour engendrer temporairement de l'énergie électrique pendant une étape de

lancement de l'engin en milieu aquatique et l'amorçage de l'admission par aspiration de l'eau du milieu aquatique et de rejet par échappement des effluents pour produire de l'énergie électrique à partir de la pile électrique principale 2₁₁ pendant une phase dite de croisière.

5 En référence à la Figure 1a, on indique que la pile électrique auxiliaire 1₀ et la pile électrique principale 2₁₁ sont commandées séquentiellement par le module de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion 1₁ placée dans la première chambre 1 et connectées sur un réseau de distribution d'énergie électrique principal respectivement secondaire.

10 D'une manière générale, on indique que, à titre d'exemple non limitatif, la pile auxiliaire et la pile principale délivrent des tensions électriques de valeurs nominales V'_N, V_N sensiblement différentes et peuvent, pour cette raison, être connectées chacune sur un réseau de distribution d'énergie électrique principal respectivement secondaire, ces réseaux étant bien entendu 15 protégés et isolés par des connexions à diodes par exemple. Ces connexions de type classique ne sont pas représentées aux dessins.

En outre, on indique que la pile électrique auxiliaire 1₀ est avantageusement formée par un ensemble d'éléments de piles thermiques amorcés par allumage pyrotechnique par exemple.

20 La pile auxiliaire 1₀ a pour objet de fournir l'alimentation électrique à l'engin se déplaçant en milieu aquatique pendant la phase de lancement notamment, c'est-à-dire en début de mission de l'engin précité, et pendant une phase d'éloignement du point de départ n'excédant pas quelques centaines de mètres.

25 La pile auxiliaire 1₀ fournit ainsi l'énergie au moteur de propulsion de l'engin se déplaçant en milieu aquatique sous puissance sensiblement réduite ainsi qu'à l'ensemble des organes de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique, conformément à l'objet de la présente invention ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

30 Pour cette raison, la pile auxiliaire 1₀ peut être avantageusement formée par quatre piles thermiques connectées en deux branches parallèles de deux piles en séries, par exemple.

Les deux branches parallèles sont avantageusement isolées chacune par une diode vis-à-vis d'une tension inverse susceptible de provenir

En outre, ainsi que représenté de manière non limitative sur la Figure 1a, la deuxième buse de sortie 2₇₃ du dispositif de circulation et de séparation est reliée à la vanne de rejet 3₃ d'effluents disposée dans la troisième chambre 3 par l'intermédiaire d'une vanne de mode, notée 2₆, 5 laquelle permet d'orienter, dans une première position, les effluents vers la vanne de rejet d'effluents 3₃, lors de l'amorçage de la pile électrique principale pendant la phase de lancement, respectivement, dans une deuxième position, l'électrolyte d'activation vers la buse d'aspiration 2₅ de la motopompe, de manière à engendrer une circulation en boucle fermée de l'électrolyte 10 d'activation 2₀ dans la pile électrique principale pendant la phase de croisière.

Enfin, on indique que la vanne thermostatique 2₈ est avantageusement formée par une vanne à trois voies recevant au moins sur l'une des voies un flux direct FD d'électrolyte d'activation 2₀ puisé dans la deuxième chambre 2 formant réservoir et sur une deuxième voie un flux dérivé 15 d'électrolyte d'activation transitant par un échangeur de chaleur 2₉, le flux Fd dérivé d'électrolyte d'activation précité étant maintenu à température sensiblement constante par l'échangeur de chaleur.

La vanne thermostatique 2₈ délivre sur une troisième voie à partir du flux direct et du flux dérivé à température sensiblement constante servant de 20 température de consigne un flux d'électrolyte d'activation thermostaté noté 2₁₀ à température sensiblement constante à la cavité interne de la pile électrique principale 2₁₁.

Le mode opératoire des organes d'admission contrôlée de régulation 25 d'un flux d'eau du milieu aquatique dans la deuxième chambre et en particulier le dispositif de circulation et de séparation de l'électrolyte d'activation et des effluents opèrent de la manière ci-après :

- l'ensemble des éléments constitutifs des organes précités est essentiellement destiné à réguler l'équilibre thermique de la pile principale 2₁₁ et bien entendu à évacuer les effluents. Cette régulation est réalisée par la 30 circulation de l'électrolyte d'activation de la pile principale dont le fonctionnement est le suivant :

- le groupe motopompe 2₄ pressurise le réservoir, c'est-à-dire l'ensemble de la deuxième chambre 2 dans lequel est stocké l'électrolyte.

La circulation de l'électrolyte d'activation s'installe alors par l'intermédiaire de la vanne thermostatique 2₈, laquelle grâce à son circuit à trois voies permet de mélanger le débit direct FD venant du réservoir formé par la chambre 2 et le débit dérivé Fd passant par l'échangeur de chaleur 2₉.

5 Le mélange d'électrolyte résultant, flux d'électrolyte d'activation 2₁₀, est alors à température sensiblement constante grâce au fonctionnement de la vanne thermostatique 2₈, laquelle permet de maintenir la température de consigne donnée par le flux dérivé Fd traversant l'échangeur de chaleur 2₉ en ajustant les flux entrants.

10 Le flux d'électrolyte d'activation 2₁₀ est alors délivré aux organes internes de la pile principale 2₁₁ de type électrochimique de façon à irriguer les organes internes de celle-ci avec un débit commandé par le groupe motopompe 2₄.

15 D'une manière spécifique, on indique que la pile principale 2₁₁ est avantageusement constituée d'un empilement de couples électrochimiques irrigués par le flux d'électrolyte d'activation thermostaté 2₁₀ pour provoquer la réaction chimique de la pile permettant d'engendrer l'énergie électrique correspondante.

En sortie de la pile principale 2₁₁, l'électrolyte d'activation est collecté
20 pour être acheminé par la buse d'entrée 2₇₁ du séparateur d'effluents 2₇.

Le séparateur d'effluents peut avantageusement être constitué par un séparateur de gaz basé sur le principe de la centrifugation, en fonction du type de réaction électrochimique mis en jeu dans la pile principale 2₁₁.

25 Le séparateur de gaz sépare ainsi deux phases, une première phase liquide correspondant à l'électrolyte d'activation recyclé renvoyé vers le groupe motopompe 2₄ par l'intermédiaire de la vanne de mode 2₆ et une deuxième phase gazeuse, laquelle est rejetée vers le milieu aquatique par l'intermédiaire de la tubulure 2₂ et de la vanne de rejet d'effluents 3₃.

On comprend ainsi que la vanne de mode 2₆ a pour fonction de
30 commuter le flux d'électrolyte d'activation recyclé, soit vers le groupe motopompe 2₄ lors d'un fonctionnement en circuit fermé de l'ensemble au cours de la phase de croisière, soit le cas échéant vers une évacuation vers le milieu aquatique en fin de mission par exemple, en particulier lors d'une mission à caractère non destructif, par l'intermédiaire de la vanne de rejet 3₃.

On comprend bien sûr que la vanne de mode 2₆ est pilotée par le module de contrôle-commande 1₁ de la pile électrique de propulsion, ainsi qu'il sera décrit de manière plus détaillée ultérieurement dans la description.

Un mode de mise en œuvre préférentiel non limitatif de l'ensemble 5 de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique, objet de la présente invention, sera maintenant donné en liaison avec la Figure 1a et la Figure 1b lorsque la pile électrique principale de type électrochimique est une pile AgO-Al.

Dans les conditions précitées, la pile électrique de propulsion 10 comprend une pile électrique principale 2₁₁ de type électrochimique formée par un bloc électrochimique constitué par un empilement de couples électrochimiques AgO-Al placés dans la cavité d'un module de coque étanche 2_{11a}. Le module étanche précité comprend par exemple une pluralité de couples électrochimiques 2_{11b} connectés en parallèle permettant, bien entendu, la circulation du flux d'électrolyte d'activation thermostaté 2₁₀.

Ainsi qu'on l'a représenté sur la Figure 1a, le module étanche est relié d'une part à la vanne thermostatique 2₈ à la base du module étanche 2_{11a} et d'autre part au dispositif de circulation de l'électrolyte et de séparation d'effluents 2₇, à la buse d'entrée de ce dernier 2₇₁.

La pile électrique principale de type électrochimique est formée en 20 outre par une réserve de soude anhydre, le bloc électrochimique et la soude anhydre étant placés dans la deuxième chambre 2 formant réservoir. Sur la Figure 1a, on a représenté la réserve de soude anhydre par des cristaux représentés par des croix non entièrement dilués dans l'eau du milieu aquatique admise dans la chambre 2.

Sur admission de l'eau du milieu aquatique, l'amorçage de l'activation de la pile électrique principale met en jeu, à partir des couples électrochimiques AgO-Al, de la soude anhydre et de l'eau, une réaction électrochimique principale :

30 $2 \text{ Al} + 3 \text{ AgO} + 2 \text{ NaOH} + 3 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{ Ag} + 2 \text{ NaAl(OH)}_4 + 2 \text{ kCal}$,
une réaction de corrosion parasite :



Dans ces conditions de réaction électrochimique, les effluents sont formés par le gaz hydrogène H₂.

De manière non limitative, on indique que la réserve de soude anhydre est avantageusement constituée par un mélange de microperles de soude anhydre et de stannates en poudre chargés en vrac dans la deuxième chambre formant réservoir.

5 Le mode opératoire de l'ensemble sera maintenant décrit compte tenu de la mise en œuvre avantageuse, mais non indispensable, du régulateur de débit 2_3 .

Lors de l'activation de la pile, c'est-à-dire lors de l'amorçage de l'ouverture de la vanne d'admission 3_2 , après la phase de lancement de l'engin, 10 la vanne d'admission 3_2 et le régulateur de débit d'admission d'eau du milieu aquatique 2_3 , permettent l'entrée de l'eau du milieu aquatique vers le réservoir formé par la deuxième chambre 2.

Ceci provoque par dissolution la formation de l'électrolyte d'activation. Le régulateur de débit 2_3 intervient de façon à contrôler le débit 15 d'eau entrant, quelque soit l'immersion d'activation de l'engin et bien entendu de la pile de propulsion d'engin en milieu aquatique. La vanne d'admission 3_2 assure ainsi l'étanchéité du réservoir 2 formé par la deuxième chambre 2 pendant toutes les phases de stockage de la pile et y compris pendant la phase de lancement, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

20 Lorsque l'ensemble du système est amorcé et que la circulation stabilisée de l'électrolyte d'activation est installée, ainsi que décrit précédemment dans la description, l'équilibre des pressions vis-à-vis du milieu aquatique externe est le suivant :

- le réservoir formé par la deuxième chambre 2 est pressurisé par la 25 pompe 2_4 ;

- les buses d'entrée de la vanne thermostatique 2_8 et de l'échangeur de chaleur 2_9 sont directement soumises à la pression précitée ;

- l'entrée de la pile principale ou plus particulièrement du bloc étanche 2_{11a} formant le bloc électrochimique est pressurisée par la pression de 30 sortie de la vanne thermostatique 2_8 , égale à la pression de la chambre 2 formant réservoir, diminuée de la perte de charge induite par la vanne thermostatique 2_8 .

En conséquence, la cavité interne de la pile principale 2_{11} et du module de coque étanche 2_{11a} formant celle-ci est globalement soumise

extérieurement à une pression relative au moins égale à la perte de charge 2 induite par la vanne thermostatique 2₈. Cette condition permet d'assurer un bon fonctionnement de la pile électrique principale car la pression précitée permet d'assurer un bon contact de l'empilement des électrodes constitutives 5 des couples électrochimiques, ainsi qu'une bonne continuité électrique interne.

La pression d'entrée du dispositif séparateur de gaz 2₇ est diminuée de la perte de charge introduite par l'empilement des couples électrochimiques 2_{11b}.

La deuxième sortie 2₇₃ du séparateur d'effluents ou de gaz 2₇ est à 10 une pression sensiblement voisine de celle du milieu aquatique et un clapet anti-retour permet de procurer une légère perte de charge par exemple.

La buse de sortie de l'électrolyte d'activation recyclé 2₇₂ du dispositif séparateur de gaz ou d'effluents 2₇ est à une pression sensiblement voisine de la pression d'aspiration de l'eau du milieu aquatique. Le passage au travers de 15 la vanne de mode 2₆ ainsi qu'un clapet anti-retour permettent de procurer une légère perte de charge. En entrée du groupe motopompe, la communication vers le milieu aquatique ouverte par la vanne d'admission 3₂ lors de l'amorçage reste ouverte de façon à équilibrer en permanence, par aspiration de l'eau du milieu aquatique, les variations de volume interne de la pile en particulier de la 20 chambre 2 formant réservoir. Les variations de volume interne précitées sont dues, en particulier, à un dégazage initial du système préalablement à l'admission d'eau du milieu aquatique dans une étape de purge, à la compensation de volume due à l'érosion des électrodes formées par les couples électrochimiques du fait des réactions électrochimiques. La sortie de la 25 vanne de mode 2₆ ainsi que la sortie du régulateur de débit 2₃ se rejoignent ainsi au niveau de la buse d'aspiration 2₅ du groupe motopompe 2₄. Cette jonction s'effectue dans une zone de raccordement soumise à la pression d'immersion dans la chambre 2 formant réservoir.

L'ensemble des fonctions de commande et de contrôle de la pile est 30 réalisé par l'intermédiaire du module de contrôle-commande 1₁ précédemment mentionné dans la description.

De manière plus spécifique le module 1₁ précité assure les fonctions ci-après :

- contrôle des fonctions de la pile à partir des informations issues de la section de contrôle et de guidage de l'engin, non représentée ;
 - transmission des paramètres de fonctionnement de la pile vers la section de contrôle et de guidage précitée ;
- 5 - régulation de la motopompe 2₄ par l'intermédiaire d'un bloc électronique 3₁ situé dans la troisième chambre 3.

Le mode opératoire précité sera maintenant décrit en liaison avec la Figure 1b aux points 1, 2 et 3 de celle-ci, pour différents organes constitutifs de l'ensemble représenté en Figure 1a.

10 En particulier, le mode opératoire précité est décrit lorsque sont prévues la vanne d'admission 3₂ à laquelle est associée une vanne d'amorçage 3₅ elle-même commandée par une référence de pression formée par une vanne de pré-positionnement 3₆ et qu'en outre un régulateur de débit 2₃ est monté sur la tubulure 2₁ de raccordement de la vanne d'admission 3₂ et
15 de la buse d'aspiration 2₅ du groupe motopompe 2₄.

La vanne d'admission 3₂ assure l'ouverture au milieu aquatique de la chambre 2 formant réservoir. Plus précisément, elle autorise l'entrée de l'eau du milieu aquatique dans le réservoir, le flux d'eau entrant étant dirigé vers le régulateur de débit 2₃ puis vers le groupe motopompe 2₄.

20 La vanne de rejet d'effluents 3₃ est couplée à la vanne d'admission 3₂ pour assurer la mise en communication du dispositif séparateur d'effluents ou séparateur de gaz 2₇ avec le milieu aquatique.

La vanne d'admission 3₂ et la vanne de rejet d'effluents 3₃ sont solidaires, placées diamétralement opposées sur le bordé du corps de pile 0
25 dans un plan de symétrie longitudinal de ce dernier et possèdent avantageusement une section d'ouverture identique, de sorte que les efforts dus à la pression d'immersion dans le milieu aquatique s'équilibrent à tout instant. La vanne d'admission 3₂ est commandée par un actionneur pyrotechnique par exemple. Elle comporte en outre une vanne d'amorçage 3₅
30 permettant de réaliser l'ouverture au milieu aquatique d'un conduit permettant le positionnement du régulateur de débit 2₃ à la pression d'immersion. La commande de la vanne d'amorçage 3₅ peut être réalisée par l'intermédiaire d'un actionneur pyrotechnique. La commande pyrotechnique de la vanne

d'amorçage 3₅ et de la vanne d'admission 3₂ est réalisée par l'intermédiaire du module de contrôle-commande 1₁, avec un décalage temporel spécifique.

La commande pyrotechnique de la vanne d'admission 3₂ agit sur un dispositif mécanique, lequel permet de libérer un ressort de pré-tension.

- 5 L'ensemble formé par la vanne d'admission 3₂ et la vanne de rejet d'effluents 3₃ reliées par la commande synchronisée 3₄ formée essentiellement par une tige centrale se déplace jusqu'à une butée mécanique. L'orifice d'admission d'eau du milieu aquatique est alors ouvert tandis que l'orifice de rejet des effluents ou gaz reste fermé grâce à l'action de la pression externe sur un 10 clapet. Le dispositif précité interdit l'entrée de l'eau du milieu aquatique par l'intermédiaire de la sortie de la vanne de rejet d'effluents 3₃ pendant la phase d'amorçage.

- Lorsque le remplissage de la deuxième chambre 2 formant réservoir est sensiblement atteint, un opercule ménagé sur l'entrée de l'électrolyte 15 d'activation thermostaté 2₁₀ délivré par la vanne thermostatique 2₈ est alors ouvert, l'électrolyte recyclé sort alors du séparateur d'effluents ou de gaz 2₇ et il apparaît une pression interne dans la pile principale 2₁₁ proche de celle de l'eau du milieu aquatique. L'ouverture du clapet de dégazage de la vanne de rejet d'effluents 3₃ est alors possible par l'action du ressort 3₃₀ représenté au 20 dessin. Le clapet, une fois ouvert, ne provoque pas de perte de charge sur le circuit de dégazage.

- La vanne d'amorçage 3₅ et la vanne d'admission 3₂ comportent chacune un contact de fin de course, lequel permet de connaître leur état d'activation. Les signaux du contact de fin course précité sont renvoyés aux 25 modules de contrôle-commande 1₁, lequel supervise la totalité de l'opération d'amorçage.

Le régulateur de débit 2₃ est destiné à la limitation du débit d'eau du milieu aquatique admise dans la deuxième chambre 2 par le réglage d'une section de passage adaptée à la pression d'immersion.

- 30 Le mode opératoire du régulateur précité consiste à masquer la section maximale de débit du diamètre du conduit d'amenée de l'eau du milieu aquatique par le déplacement d'un tiroir équipé d'orifices calibrés. Le régulateur de débit précité 2₃ est implanté dans le réservoir. Il est connecté entre la vanne d'admission 3₂ et la buse d'aspiration 2₅ de la motopompe 2₄.

La vanne d'amorçage 3₅ applique la pression d'immersion sur le tiroir du régulateur par l'intermédiaire d'un conduit de référence de pression extérieure RPE. Le tiroir précité occupe alors une position d'équilibre imposée par un ressort. Le déplacement du tiroir est proportionnel à la pression appliquée. La section de passage de l'eau du milieu aquatique est ainsi partiellement obturée et le débit est alors préréglé dans une plage de valeurs comprises entre 10 à 15 litres/seconde.

En fin de remplissage, lorsque la pression de la deuxième chambre 2 formant réservoir est supérieure à celle du milieu aquatique, le régulateur 10 retrouve une position de pleine ouverture. Ceci permet ultérieurement une opération de rinçage aisément de la pile lors de la réalisation d'une mission non destructive par exemple.

La régulation de débit est prévue pour des pressions extérieures du milieu aquatique correspondant à des profondeurs comprises entre 10 et 350 15 mètres d'immersion. Le réglage peut être effectué pour des valeurs différentes inférieures et/ou supérieures. Le régulateur de débit 2₃ comporte une prise de pression d'entrée formant une référence de pression du milieu aquatique extérieur RPE pour l'ensemble.

La vanne thermostatique 2₈ est placée en partie basse de la coque 20 étanche 2_{11a} formant la pile principale. Elle est placée au voisinage des orifices d'irrigation des couples électrochimiques 2_{11b} constitutifs de la pile principale précitée et assure ainsi l'entrée du flux d'électrolyte d'activation thermostaté 2₁₀ à une température sensiblement constante, laquelle peut être comprise entre 80 et 98°C par exemple.

25 La vanne thermostatique 2₈ fonctionne sur un principe purement mécanique. Elle met en œuvre une sonde thermostatique pour asservir en position un tiroir. Selon la position de ce dernier, le tiroir découvre des lumières de passage sur l'entrée chaude et sur l'entrée froide de façon que le mélange irriguant la sonde soit constamment à température définie.

30 La vanne thermostatique 2₈ précitée est équipée en sortie d'un opercule 2₈₀ claquable à une valeur de pression déterminée, de l'ordre de 3,0 Bar, cet opercule maintenant la cavité interne du bloc électrochimique fermée tant que la pression dans le réservoir n'est pas suffisante.

La vanne thermostatique 2₈ est équipée d'un filtre entourant les orifices d'entrée chaude du réservoir. Dans ces conditions, des grains de soude de taille supérieure à une valeur déterminée de l'ordre de 300 microns sont arrêtés, tandis que le flux sortant de la pompe permet un décolmatage permanent du filtre.

La vanne thermostatique 2₈ comporte une sonde de température dont la mesure est conditionnée par le module de commande de la pile électrique de propulsion 1₁. Elle comporte en outre une prise de pression RPBEI en entrée de la coque étanche 2_{11a} de la pile électrique principale, cette prise de pression étant destinée à un capteur de pression CP₆ permettant de piloter la vanne de mode 2₆ ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

La température de régulation nominale maintenue par la vanne thermostatique pour un fonctionnement à puissance maximale de la pile et pour une faible pression d'immersion est voisine de 95°C alors que, pour une grande immersion, la dérive de la sonde autorise un fonctionnement jusqu'à 98°C environ.

Le séparateur d'effluents ou de gaz 2₇ collecte l'électrolyte d'activation sortant du bloc électrochimique en partie haute de la coque étanche 2_{11a} formant ce dernier. Il permet d'assurer la séparation des gaz ou effluents par effet cyclonique dès que le régime de circulation d'électrolyte est établi. Il est implanté dans le réservoir formé par la chambre 2 et constitué par un métal, tel que l'acier inoxydable, afin d'assurer une bonne conduction de la chaleur et le maintien à température de l'électrolyte d'activation soumis au phénomène de séparation d'effluents voisine de celle de l'électrolyte d'activation, contenu dans le réservoir mais non soumis au phénomène de séparation d'effluents.

Pendant la phase d'amorçage, le séparateur d'effluents ou de gaz 2₇ transfère les effluents ou gaz du bloc électrochimique vers la vanne de rejet d'effluents 3₃ du fait de la position de la vanne de mode 2₆, laquelle bloque le retour liquide normal du dégazeur vers la motopompe 2₄.

Entre la sortie du bloc électrochimique et l'entrée du dispositif séparateur d'effluents de gaz 2₇ est raccordé un tuyau d'aspiration permettant d'évacuer les gaz restés piégés dans la deuxième chambre 2 formant

réervoir. Ce mode opératoire est permis du fait que la pression dans le réservoir est supérieure à celle à l'entrée du dispositif séparateur de gaz 2₇. Pendant la phase de croisière, ce tube de dégazage procure une fuite interne au système, laquelle est très faible et tout à fait acceptable tout en garantissant 5 l'évacuation possible de gaz qui peuvent décanter dans la deuxième chambre 2 formant réservoir.

La buse de sortie 2₇₃ du dispositif séparateur de gaz 2₇ est reliée à la vanne de rejet 3₃ d'effluents ou de gaz au travers du tube étanche 2₂ et d'un clapet. Le tube précité permet le rinçage de la pile avec un débit de l'ordre de 10 trois litres/seconde.

La buse de sortie du dispositif séparateur d'effluents ou gaz 2₇ délivrant l'électrolyte d'activation recyclé au voisinage de la buse 2₅ d'aspiration de la motopompe est reliée à cette dernière par l'intermédiaire de la vanne de mode 2₆. Lorsque cette dernière est en position fermée, c'est-à-dire pendant 15 l'amorçage et pendant le rinçage de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique objet de l'invention, l'ensemble du débit est orienté dans la vanne de mode 2₆ vers la sortie d'effluents ou gaz. Lorsque la vanne de mode 2₆ est ouverte, le liquide du dégazeur traverse la vanne de mode précitée et est aspiré par la pompe par l'intermédiaire de la buse d'aspiration 2₅ de celle-ci. 20

L'entrée du dispositif séparateur de gaz ou d'effluents 2₇ comporte en outre une sonde de température CT₇ identique à celle d'entrée CT₈ située sur la vanne thermostatique 2₈ ainsi qu'un piquage de pression permettant de délivrer la pression de sortie du bloc électrochimique, encore désignée 25 RPBEO. Cette prise de pression permet de gérer le mode de fonctionnement de la pile par le module de commande 1₁.

Enfin, la vanne de mode 2₆ est avantageusement constituée par une vanne à trois voies et deux positions stables ouverte et fermée comportant un tiroir commandé par une pression motrice et équilibrée par un ressort. Elle 30 comprend deux électrovannes simples à deux voies EV1 et EV2 permettant de gérer l'application de la pression motrice sur le tiroir précité.

L'électrovanne EV1 relie la prise de pression d'immersion RPE du régulateur de débit 2₃ à la chambre de la vanne de mode 2₆. L'électrovanne

EV1 est une vanne normalement ouverte en l'absence d'alimentation électrique.

L'électrovanne EV2 relie la prise de pression d'entrée du bloc électrochimique, c'est-à-dire la pression de sortie de la vanne thermostatique 5 2₈, encore désignée RPVT, à la chambre de la vanne de mode 2₆. L'électrovanne EV2 est une vanne normalement fermée.

La vanne de mode 2₆ permet d'orienter l'électrolyte d'activation en sortie à la buse de sortie 2₇₂ du dispositif séparateur d'effluents de gaz 2₇ selon deux trajets correspondant à des modes de fonctionnement de la pile :

10 - en position haute ou fermée, aucune pression n'est appliquée à la vanne de mode 2₆. Dans ces conditions, cette dernière oriente les flux d'effluents vers la vanne de sortie de gaz 3₃. Ce mode de fonctionnement a lieu lors de l'amorçage, afin de purger les gaz vers le milieu aquatique, et en fin de mission, lors du rinçage de la pile dans le cas d'une mission non 15 destructive.

- en position basse ou ouverte, la vanne de mode 2₆ reçoit la pression motrice qui positionne son tiroir en position basse et elle oriente l'électrolyte vers l'entrée de la motopompe, buse d'aspiration 2₅, de sorte que l'électrolyte d'activation circule en boucle fermée dans la pile.

20 Les deux électroannes EV1 et EV2 sont entièrement pilotées par le module de commande 1₁. Selon le schéma représenté au point 3 de la Figure 1b :

25 - durant la phase d'activation, c'est-à-dire de lancement de l'engin, la vanne EV1 est alimentée et donc fermée, ce qui interdit à la pression d'entrée du régulateur de débit 2₃ d'agir sur le tiroir de la vanne de mode 2₆. Par contre, l'électrovanne EV2 est non-alimentée et donc fermée en attendant un signal de commande délivré par le module de commande 1₁. Dans ces conditions, la vanne de mode 2₆ n'est pas sollicitée et reste en position haute ou fermée. On comprend en effet que l'alimentation en énergie électrique de l'électrovanne 30 EV1 par la pile auxiliaire 1₀ est autorisée dès l'amorçage initial de cette dernière ;

- en fin de remplissage du réservoir formé par la deuxième chambre 2, lorsque les conditions de pression sont détectées, l'électrovanne EV2 est alimentée, ce qui permet d'appliquer la pression d'entrée du bloc

électrochimique, c'est-à-dire la pression d'entrée RPVT sur le tiroir de la vanne de mode 2₆. Ce dernier bascule et autorise alors le passage de l'électrolyte d'activation recyclé issu du dispositif de séparation d'effluents ou de gaz 2₇ vers la pompe 2₄. L'électrovanne EV1 de son côté reste fermée.

5 A la fin d'une mission non destructive par exemple, l'alimentation de la première électrovanne EV1 est coupée, ce qui décomprime la chambre de la vanne de mode 2₆ et permet la remontée du tiroir en position haute. L'électrolyte d'activation est alors évacué par la sortie d'effluents ou de gaz, c'est-à-dire par la vanne de rejet d'effluents 3₃. Simultanément, l'alimentation
10 de l'électrovanne EV2 est coupée, ce qui interdit alors à la pression d'entrée du bloc électrochimique, c'est-à-dire la pression RPVT, d'agir sur le tiroir de la vanne de mode 2₆.

15 La commande des électrovannes EV1 et EV2 est effectuée par le module de contrôle-commande 1₁ précité, lequel opère à partir des informations de pression issues des prises de pression ci-après :

- prise de pression du réservoir ;
- prise de pression d'immersion RPE ;
- prise de pression de sortie du bloc électrochimique RPBE0.

20 Deux capteurs de pression différentiels non représentés au dessin permettent de fournir à partir des prises de pression ci-dessus les informations suivantes au module de contrôle-commande 1₁ :

25 - la différence de pression réservoir-immersion indique l'état de fonctionnement de la boucle de circulation. Cette différence de pression doit être en accord avec l'état de la pile et la commande de débit de la pompe ;
- la différence de pression sortie bloc électrochimique-immersion indique l'état de remplissage de la pile.

Le mode opératoire et la commande de la deuxième électrovanne EV2 par le module de commande 1₁ qui provoque la commutation de la vanne de mode 2₆ est effectuée sur les critères ci-après :

30 - écart de pression entre la sortie du bloc électrochimique et le milieu aquatique ;
- veille de la tension électrique délivrée par le bloc électrochimique ;
- veille de la température de sortie du bloc électrochimique ;
- chronologie de l'amorçage.

En synthèse, la logique de pilotage de la vanne de mode 2₆ au travers de l'alimentation de commande des deux électrovannes EV1 et EV2 est donnée ci-après selon le tableau suivant :

5	<table border="0"> <tr> <td>1. Etat initial</td><td>EV1 = 0</td><td>EV2 = 0</td></tr> <tr> <td>2. Dès que la tension Pile Thermique est OK</td><td>EV1 = 1</td><td>EV2 = 0</td></tr> <tr> <td>3. Dès que pression «Sortie BE-Immersion est OK</td><td>EV1 = 1</td><td>EV2 = 1</td></tr> <tr> <td>4. Dès que l'ordre d'arrêt parvient au module 1₁</td><td>EV1 = 0</td><td>EV2 = 0</td></tr> </table>	1. Etat initial	EV1 = 0	EV2 = 0	2. Dès que la tension Pile Thermique est OK	EV1 = 1	EV2 = 0	3. Dès que pression «Sortie BE-Immersion est OK	EV1 = 1	EV2 = 1	4. Dès que l'ordre d'arrêt parvient au module 1 ₁	EV1 = 0	EV2 = 0
1. Etat initial	EV1 = 0	EV2 = 0											
2. Dès que la tension Pile Thermique est OK	EV1 = 1	EV2 = 0											
3. Dès que pression «Sortie BE-Immersion est OK	EV1 = 1	EV2 = 1											
4. Dès que l'ordre d'arrêt parvient au module 1 ₁	EV1 = 0	EV2 = 0											

10 Par ailleurs, la position basse du tiroir de la vanne de mode 2₆ est détectée par l'intermédiaire d'un capteur magnétique CM₆ et est acquise par le module de contrôle-commande 1₁.

Le mode opératoire de l'ensemble est représenté en référence aux points 1), 2) et 3) de la Figure 1b dans lesquels :

15 - au point 1) sont représentées la phase de lancement respectivement de croisière de l'engin, la phase de lancement pouvant durer quelques secondes ou dizaines de secondes et la phase de croisière pouvant durer plusieurs dizaines de minutes ;

20 - au point 2) est représenté le diagramme des tensions délivrées par la pile auxiliaire et la pile électrique principale respectivement, étant entendu que la tension nominale V'N de la pile auxiliaire de l'ordre de 165 V est sensiblement différente de celle de la pile électrique principale 245 V, par exemple.

- au point 3) est représentée la commande des deux électrovannes V1 et V2 constitutives de la vanne de mode 2₆ selon le tableau précédent.

25 En ce qui concerne la motopompe 2₄, on indique que cette dernière assure la circulation et le recyclage de l'électrolyte d'activation à débit variable. Elle peut être constituée par une pompe centrifuge immergée dans le réservoir d'électrolyte et d'un moteur également immergé. Le moteur est un moteur du type à pilotage en vitesse en fonction du besoin de pompage. L'électronique de commande du moteur est désignée par le bloc 3₁ et placée dans la chambre 3, par exemple.

L'alimentation du moteur de la pompe est avantageusement réalisée à partir du réseau électrique principal de la pile principale à 400 V alors que l'alimentation de l'électronique de contrôle peut être réalisée sur le circuit auxiliaire de la pile à 200 V. En particulier, lorsque la pile principale a pris 5 le relais de la pile auxiliaire, le réseau secondaire peut être alimenté à partir de la mi-tension délivrée par la pile principale.

Enfin, la motopompe 2₄ est commandée en vitesse par le module de commande 1₁ par l'intermédiaire d'une liaison série RS422 de type classique.

10 La motopompe peut être commandée selon des régimes de fonctionnement discrets à débit par paliers.

La motopompe 2₄ fournit des informations relatives à :

- courant absorbé ;
- vitesse de rotation ;

15 - température des circuits d'alimentation convertisseurs à IGBT (pour Insulated Gate Bipolar Transistor) ;
- compte rendu d'auto test.

Le démarrage de la motopompe 2₄ est commandé par le module de contrôle-commande 1₁ dès réception par ce dernier du signal de contact fourni 20 par l'ouverture de la vanne d'admission 3₂.

Une description plus détaillée de la structure de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique et d'un mode de mise en œuvre de cette structure conforme à l'objet de la présente invention sera maintenant donnée ci-après.

25 Ainsi que représenté sur la Figure 1a, le corps de pile étanche 0 est avantageusement formé par un assemblage d'éléments constitués au moins par une virole avant 0₁, un fond avant 0₂ de pile électrique principale, la virole avant 0₁ et le fond avant 0₂ formant la troisième chambre 3 précédemment citée.

30 Le corps de pile étanche 0 comporte en outre une coque centrale 0₃ et un fond arrière 0₄, le fond avant 0₂, la coque centrale 0₃ et le fond arrière 0₄ formant la deuxième chambre 2 constituant le réservoir.

Enfin, le corps de pile étanche 0 comprend une virole arrière 0₅, le fond arrière 0₄ et la virole arrière 0₅ constituant la première chambre 1.

Ainsi qu'on l'a représenté en outre en Figure 1a, la coque centrale 0₃ au moins est constituée par un alliage métallique bon conducteur thermique. Une partie au moins de la coque centrale 0₃ placée au voisinage de la pile électrique principale 2₁₁ et en particulier du bloc électrochimique formant celle-ci constitue l'échangeur thermique avec le milieu aquatique et en particulier l'échangeur de chaleur 2₉ pour au moins le flux dérivé d'électrolyte d'activation.

Sur la Figure 1a, on observe que le flux dérivé d'électrolyte d'activation est engendré par la pression produite par la motopompe 2₄ dans un interstice 2₉₁ ménagé en partie inférieure de la Figure 1a, entre la paroi de la coque centrale 0₂ et une paroi métallique rendue solidaire de la vanne thermostatique 2₈, et finalement du corps étanche 2_{11a} formant le bloc électrochimique 2₁₁. L'interstice 2₉₁ précité permet d'engendrer le flux d'électrolyte d'activation dérivé à température sensiblement constante servant de température de consigne pour la vanne thermostatique 2₈ précitée.

De préférence, la virole avant 0₁, le fond avant 0₂ de pile électrique, la coque centrale 0₃ et le fond arrière 0₄ ainsi que la virole arrière 0₅ sont constitués en un matériau métallique. La face externe de ces derniers destinée à être en contact avec le milieu aquatique est avantageusement munie d'une couche de protection anti-corrosion obtenue par oxydation anodique dure.

En ce qui concerne la coque centrale 0₃, on indique que cette dernière comprise entre le fond avant et le fond arrière, est réalisée en un seul tronçon et ne comporte aucune ouverture en bordé de façon à garantir l'étanchéité de l'ensemble pendant toutes les phases de stockage de la pile de propulsion d'engin en milieu aquatique conforme à l'objet de la présente invention. Cette conception spécifique permet de mettre en place une double étanchéité du réservoir formé par la deuxième chambre 2 vis-à-vis du milieu aquatique externe, au niveau des jonctions avec les fonds avant 0₂ et arrière 0₄.

Ainsi que représenté sur la Figure 1a, le corps de pile et en particulier la deuxième chambre 2 est munie d'une double barrière d'étanchéité vis-à-vis du milieu aquatique externe.

Une première barrière d'étanchéité, notée B₁, est formée par un joint d'étanchéité entre le milieu aquatique et la première chambre, respectivement la troisième chambre et une deuxième barrière d'étanchéité,

B₂, est formée par un joint d'étanchéité entre la première et la deuxième chambre respectivement la deuxième et la troisième chambre. Les barrières d'étanchéité précitées sont représentées par des hachures spécifiques sur la Figure 1a.

5 Enfin, on indique que la face interne de la coque centrale 0₃, autre que la partie formant échangeur thermique 2₉, comporte en outre un revêtement isolant thermique au niveau de la partie formant réservoir de l'électrolyte d'activation. Ce revêtement isolant thermique a pour objet de réduire le refroidissement de l'électrolyte d'activation stocké par échange 10 thermique avec le milieu aquatique pendant la phase de croisière. Ce revêtement isolant thermique peut être constitué par un revêtement de type résine epoxy par exemple.

En outre, la face interne du fond avant 0₂ de pile électrique de la coque centrale 0₃ et du fond arrière 0₄ de pile électrique constituant la 15 deuxième chambre 2 formant réservoir comporte un revêtement de nickel chimique protecteur anti-corrosion par la soude anhydre.

La gestion de l'étanchéité de la deuxième chambre 2 formant réservoir peut alors être effectuée de la manière ci-après :

- le réservoir est la partie de la pile électrique de propulsion d'engin 20 en milieu aquatique conforme à l'objet de la présente invention qui comporte les composants actifs de la pile en particulier la soude et le bloc électrochimique. Pour cette raison, les éléments constitutifs du réservoir précité ont été organisés afin que, ensemble, ils présentent une étanchéité totale vis-à-vis d'un stockage en eau du milieu aquatique grâce aux deux barrières 25 d'étanchéité B1 et B2 précédemment mentionnées formées par des joints d'étanchéité spécifiques.

En cas d'immersion intempestive notamment de la partie réservoir, aucune matière électrochimique n'est en contact avec l'eau du milieu aquatique. Deux détecteurs d'eau, l'un placé à l'avant et l'autre à l'arrière, 30 c'est-à-dire dans les chambres 1 et 3 par exemple, sont reliés par un câblage spécifique d'une part au module de contrôle-commande 1₁ et d'autre part au système de lancement externe, lequel peut ainsi veiller à la sécurité de la pile avant lancement de l'engin.

La deuxième barrière d'étanchéité B2 permet d'assurer l'intégrité de la fonction réservoir vis-à-vis du milieu aquatique externe.

Un manostat non représenté au dessin, peut être prévu afin de permettre le contrôle permanent de l'étanchéité de la vanne de mode 2₆. Le 5 manostat précité est raccordé entre les deux joints d'étanchéité de la vanne de mode 2₆, d'une part sur la partie entrée d'eau, c'est-à-dire sur la buse 2₇₂ de sortie du séparateur d'effluents ou de gaz 2₇ à laquelle est reliée la vanne de mode 2₆ précitée et d'autre part sur la partie sortie gaz 2₇₃ du séparateur 2₇ précité. La double barrière d'étanchéité B1 et B2 équipée des détecteurs d'eau 10 et de pression précédemment cités permet de garantir un haut niveau de fiabilité de l'étanchéité de la pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique objet de la présente invention.

Enfin, la virole avant 0₁ et la virole arrière 0₅ présentent, ainsi que représenté en Figure 1a, une extrémité distale ouverte vis-à-vis du fond avant 15 0₂ respectivement arrière 0₄ de pile. Ce mode de mise en œuvre permet de constituer la pile électrique de propulsion, objet de l'invention, sous forme d'un module indépendant stockable selon un composant sensiblement inerte avec sa charge de réserve de soude anhydre lorsque la pile électrique de propulsion n'est pas montée avec l'engin, ainsi que sous forme d'un élément intégré 20 directement au corps de l'engin dans le cas contraire. Dans ce but, dans un mode de mise en œuvre non limitatif, la virole avant 0₁, la coque centrale 0₃ et la virole arrière 0₅ présentent avantageusement une section sensiblement cylindrique de révolution. La forme précitée est particulièrement adaptée à une intégration au corps de l'engin lorsque cet engin est constitué par une torpille 25 par exemple ou par un engin sous-marin d'observation. Dans cette situation, l'extrémité distale de la virole avant est mécaniquement solidaire et électriquement couplée à la partie active de l'engin et l'extrémité distale de la virole arrière est mécaniquement solidaire et électriquement couplée à la partie 30 arrière propulsive et de commande de l'engin, pour constituer une pile électrique de propulsion activable dès la mise à l'eau de l'engin dans le milieu aquatique.

On comprend en particulier que l'ensemble représenté en Figure 1a comprend les liaisons filaires par câbles et/ou par bus, ainsi que mentionné précédemment, entre la première chambre 1, la deuxième chambre 2 et la

troisième chambre 3, bien que l'ensemble de ces liaisons ne soit pas en totalité représenté aux dessins.

Dans ces conditions, on indique que la pile de propulsion d'un engin en milieu aquatique conforme à l'objet de la présente invention comporte des 5 capteurs de température du flux d'électrolyte d'activation entrant et sortant de la pile électrique principale afin de permettre d'assurer la régulation en température du flux d'électrolyte d'activation par l'intermédiaire de la vanne thermostatique 2₈.

Elle comporte en outre des capteurs de pression relative de 10 l'électrolyte d'activation dans la deuxième chambre 2 formant réservoir de ce même électrolyte d'activation à l'entrée du dispositif de circulation de l'électrolyte d'activation et de séparation des effluents 2₇, ces capteurs de pression relative délivrant une pression relative vis-à-vis de la pression externe au corps de pile étanche, c'est-à-dire de la référence de pression RPE 15 précédemment mentionnée dans la description.

Elle comprend enfin une pluralité de contacts ou de détection de contact d'étanchéité de la vanne d'admission de l'eau du milieu aquatique 3₂, contact d'ouverture de la vanne d'admission de l'eau au corps de pile étanche 2_{11a} précité. Bien entendu, l'ensemble de ces capteurs et/ou contacts est relié 20 par des connections adaptées munies de traversées étanches de manière connue en tant que telle.

Des traversées électriques étanches de puissance telles que représentées en Figure 1a sous la référence 1₂ et 1₃ permettent la connection de la pile auxiliaire 1₀ à l'ensemble des éléments contenus dans la deuxième 25 chambre 2 formant réservoir et la troisième chambre 3 ou chambre avant pour alimenter le module électronique 3₁ de la motopompe 2₄, la traversée électrique étanche 1₃ directement reliée au bloc électrochimique et en particulier aux couples électrochimiques, afin de délivrer l'énergie électrique de puissance au groupe de propulsion de l'engin porteur de la pile électrique de 30 propulsion d'engin en milieu aquatique, conforme à l'objet de la présente invention. La fourniture de l'énergie de propulsion est réalisée par l'intermédiaire d'un connecteur de puissance muni d'un capteur d'intensité CI ainsi que représenté aux dessins sur la Figure 1a.

REVENDICATIONS

1. Pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique, caractérisée en ce que celle-ci comporte au moins dans un corps de pile étanche :

5 - une première chambre formant un logement comportant une pile électrique auxiliaire et un module de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion ;

- une deuxième chambre formant un logement comportant une pile électrique principale de type électrochimique, ladite deuxième chambre étant munie d'organes d'admission contrôlée et de régulation d'un flux d'eau du milieu aquatique dans ladite deuxième chambre, formant réservoir, pour former, suite à la commande d'admission de l'eau du milieu aquatique un électrolyte d'activation de ladite pile électrique principale ;

10 15 - une troisième chambre formant un logement comportant un module d'amorçage d'admission par aspiration de l'eau du milieu aquatique et de rejet par échappement d'effluents issus de la réaction chimique de la pile principale dans le milieu aquatique, à partir d'une vanne d'admission respectivement d'une vanne d'échappement montées dans ladite troisième chambre, ledit module de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion permettant l'actionnement de ladite pile électrique auxiliaire pour engendrer temporairement de l'énergie électrique pendant une étape de lancement dudit engin en milieu aquatique et l'amorçage de l'admission par aspiration de l'eau du milieu aquatique et de rejet par échappement d'effluents pour produire de l'énergie électrique à partir de ladite pile électrique principale

20 25 pendant une phase de croisière.

2. Pile électrique de propulsion selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdites piles électriques auxiliaire et principale sont commandées séquentiellement par ledit module de contrôle-commande de la pile électrique de propulsion et connectées sur un réseau de distribution d'énergie électrique principal respectivement secondaire.

3. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que ladite pile électrique auxiliaire est formée par un ensemble d'éléments de piles thermiques, amorcées par allumage pyrotechnique.

4. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que lesdits organes d'admission contrôlée et de régulation d'un flux d'eau du milieu aquatique dans ladite deuxième chambre comportent au moins :

5 - un groupe moto-pompe dont la buse d'aspiration est reliée à ladite vanne d'admission de l'eau du milieu aquatique et dont la buse de sortie délivre l'eau du milieu aquatique aspirée directement dans ladite deuxième chambre formant réservoir, de façon à former ledit électrolyte d'activation et à immerger ladite pile électrique principale dans ce dernier ;

10 - une vanne thermostatique reliée à ladite pile électrique principale, ladite vanne thermostatique permettant de réguler l'admission dudit électrolyte d'activation dans ladite pile principale pour amorcer l'activation de ladite pile électrique principale par réaction électrochimique ;

15 - un dispositif de circulation de l'électrolyte d'activation et de séparation des effluents, ledit dispositif de circulation et de séparation comportant une buse d'entrée reliée à la cavité interne de ladite pile électrique principale, contenant l'électrolyte d'activation, une première buse de sortie reliée au voisinage de la buse d'admission de la moto-pompe et une deuxième buse de sortie d'effluents reliée à ladite vanne de rejet placée dans ladite 20 troisième chambre.

5. Pile électrique de propulsion selon la revendication 4, caractérisée en ce que ladite deuxième buse de sortie dudit dispositif de circulation et de séparation est reliée à ladite vanne de rejet placée dans ladite troisième chambre par l'intermédiaire d'une vanne de mode permettant d'orienter, dans une première position, les effluents vers la vanne de rejet d'effluents lors de l'amorçage de la pile électrique principale pendant la phase de lancement, respectivement, dans une deuxième position, l'électrolyte d'activation vers la buse d'aspiration de la moto-pompe, de manière à engendrer une circulation en boucle fermée de l'électrolyte d'activation dans la 30 pile électrique principale pendant la phase de croisière.

6. Pile électrique selon la revendication 4 ou 5, caractérisée en ce que ladite vanne thermostatique est formée par une vanne à trois voies recevant :

- un flux direct d'électrolyte d'activation puisé dans ladite deuxième chambre formant réservoir,

5 - un flux dérivé d'électrolyte d'activation, transitant par un échangeur de chaleur, le flux dérivé étant maintenu à température sensiblement constante par ledit échangeur de chaleur, ladite vanne thermostatique délivrant, à partir dudit flux direct et dudit flux dérivé à température sensiblement constante, servant de température de consigne, un flux d'électrolyte d'activation thermostatisé, à température sensiblement constante à la cavité interne de ladite pile électrique principale.

10 7. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite pile électrique principale de type électrochimique est une pile AgO-Al.

15 8. Pile électrique de propulsion, selon les revendications 4 et 7, caractérisée en ce que ladite pile électrique principale de type électrochimique est formée par :

- un bloc électrochimique constitué par un empilage de couples électrochimiques AgO – Al placés dans la cavité d'un module étanche, relié d'une part à ladite vanne thermostatique, et, d'autre part audit dispositif de circulation de l'électrolyte ;

20 - une réserve de soude anhydre, ledit bloc électrochimique et ladite réserve de soude anhydre étant placés dans ladite deuxième chambre formant réservoir.

25 9. Pile électrique de propulsion, selon la revendication 8, caractérisée en ce que ladite réserve de soude anhydre est constituée par un mélange de microperles de soude anhydre et de stannates en poudre, chargés en vrac dans ladite deuxième chambre formant réservoir.

30 10. Pile électrique de propulsion, selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que ledit corps de pile étanche est formé par un assemblage d'éléments constitués au moins par :

- une virole avant ;

- un fond avant de pile électrique principale, ladite virole avant et ledit fond avant formant ladite troisième chambre ;

- une coque centrale ;

- un fond arrière, ledit fond avant, ladite coque centrale et ledit fond arrière formant ladite deuxième chambre ;

- une virole arrière, ledit fond arrière et ladite virole arrière formant ladite première chambre.

5 11. Pile électrique de propulsion selon la revendication 10, caractérisée en ce que ladite coque centrale au moins est constituée par un alliage métallique bon conducteur thermique, une partie au moins de ladite coque centrale placée au voisinage de ladite pile électrique principale constituant un échangeur thermique avec ledit milieu aquatique, pour former 10 un échangeur de chaleur pour au moins un flux dérivé d'électrolyte d'activation.

12. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisée en ce que la virole avant, le fond avant de pile électrique, la coque centrale, le fond arrière de pile électrique et la virole arrière sont constitués en un matériau métallique, la face externe de ces derniers destinée 15 à être en contact avec le milieu aquatique étant munie d'une couche de protection anticorrosion obtenue par oxydation anodique dure.

13. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisée en ce que la face interne du fond avant de pile électrique, de la coque centrale et du fond arrière de pile électrique constituant ladite 20 deuxième chambre formant réservoir comportent un revêtement de nickel chimique protecteur anticorrosion par la soude anhydre.

14. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisée en ce que la face interne de ladite coque centrale, autre que la partie formant échangeur thermique, comporte en outre un revêtement isolant 25 thermique, au niveau de la partie formant réservoir de l'électrolyte d'activation, afin de réduire le refroidissement de l'électrolyte d'activation stocké par échange thermique avec le milieu aquatique pendant la phase de croisière.

15. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 10 à 14, caractérisée en ce que ledit corps de pile étanche est muni d'une double 30 barrière d'étanchéité vis-à-vis dudit milieu aquatique :

- une première barrière d'étanchéité formée par un joint d'étanchéité entre le milieu aquatique et la première respectivement la troisième chambre ;

- une deuxième barrière d'étanchéité formée par un joint d'étanchéité entre la première et la deuxième chambre respectivement la deuxième et la troisième chambre.

16. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 10 à
5 15, caractérisée en ce que celle-ci comporte en outre :

- une pluralité de capteurs de température du flux d'électrolyte d'activation entrant dans respectivement sortant de la pile électrique principale, permettant d'assurer la régulation en température du flux d'électrolyte d'activation par l'intermédiaire de ladite vanne thermostatique ;

10 - une pluralité de capteurs de pression relative de l'électrolyte d'activation dans la deuxième chambre formant réservoir, de l'électrolyte d'activation à l'entrée du dispositif de circulation de l'électrolyte d'activation et de séparation des effluents, lesdits capteurs de pression relative délivrant une valeur de pression relative vis-à-vis de la pression externe au corps de pile
15 étanche ;

- une pluralité de contacts, contact d'étanchéité de la vanne d'admission de l'eau du milieu aquatique, contact d'ouverture de la vanne d'admission de l'eau au corps de pile étanche.

17. Pile électrique de propulsion selon l'une des revendications 10 à
20 16, caractérisée en ce que la virole avant, la coque centrale et la virole arrière présentent une section sensiblement cylindrique de révolution.

18. Pile électrique de propulsion selon la revendication 17, caractérisée en ce que la virole avant et la virole arrière présentent une extrémité distale ouverte vis-à-vis du fond avant respectivement arrière de pile,
25 de façon à constituer ladite pile électrique de propulsion, d'une part, sous forme d'un module indépendant stockable selon un composant sensiblement inerte avec sa charge de réserve de soude anhydre lorsque la pile électrique de propulsion n'est pas montée avec l'engin, et, d'autre part, sous forme d'un élément intégré directement au corps de l'engin, l'extrémité distale de ladite
30 virole avant étant mécaniquement solidaire et électriquement couplée à une partie active de l'engin et l'extrémité distale de la virole arrière étant mécaniquement solidaire et électriquement couplée à la partie arrière propulsive et de commande de l'engin, pour constituer une pile électrique de propulsion activable dès la mise à l'eau de l'engin.

19. Utilisation d'une pile électrique de propulsion d'engin en milieu aquatique selon l'une des revendications 1 à 18 pour l'alimentation, la propulsion et la commande d'un engin tel qu'une torpille, un sous-marin de reconnaissance ou un engin de surface.

1 / 2

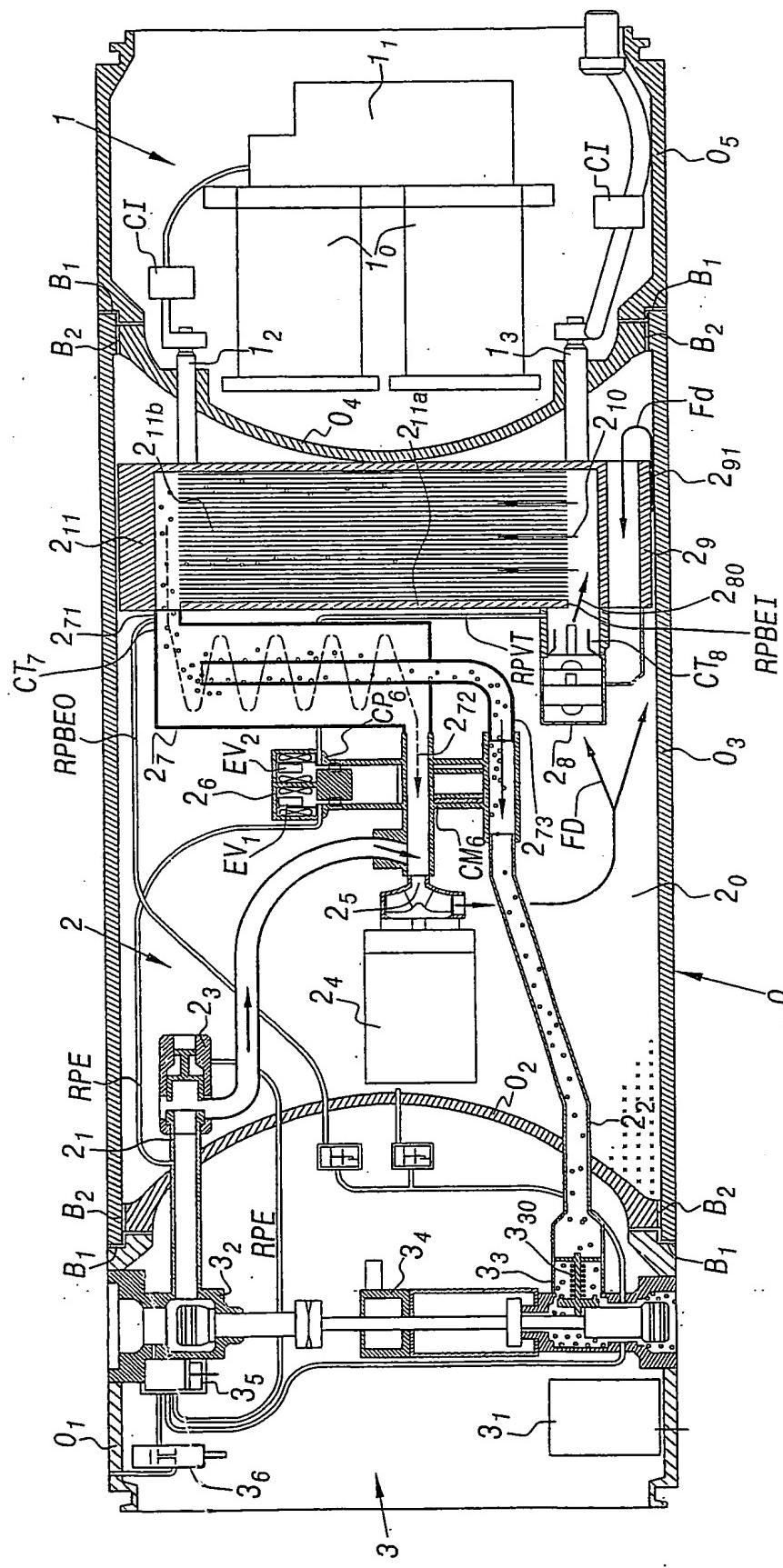
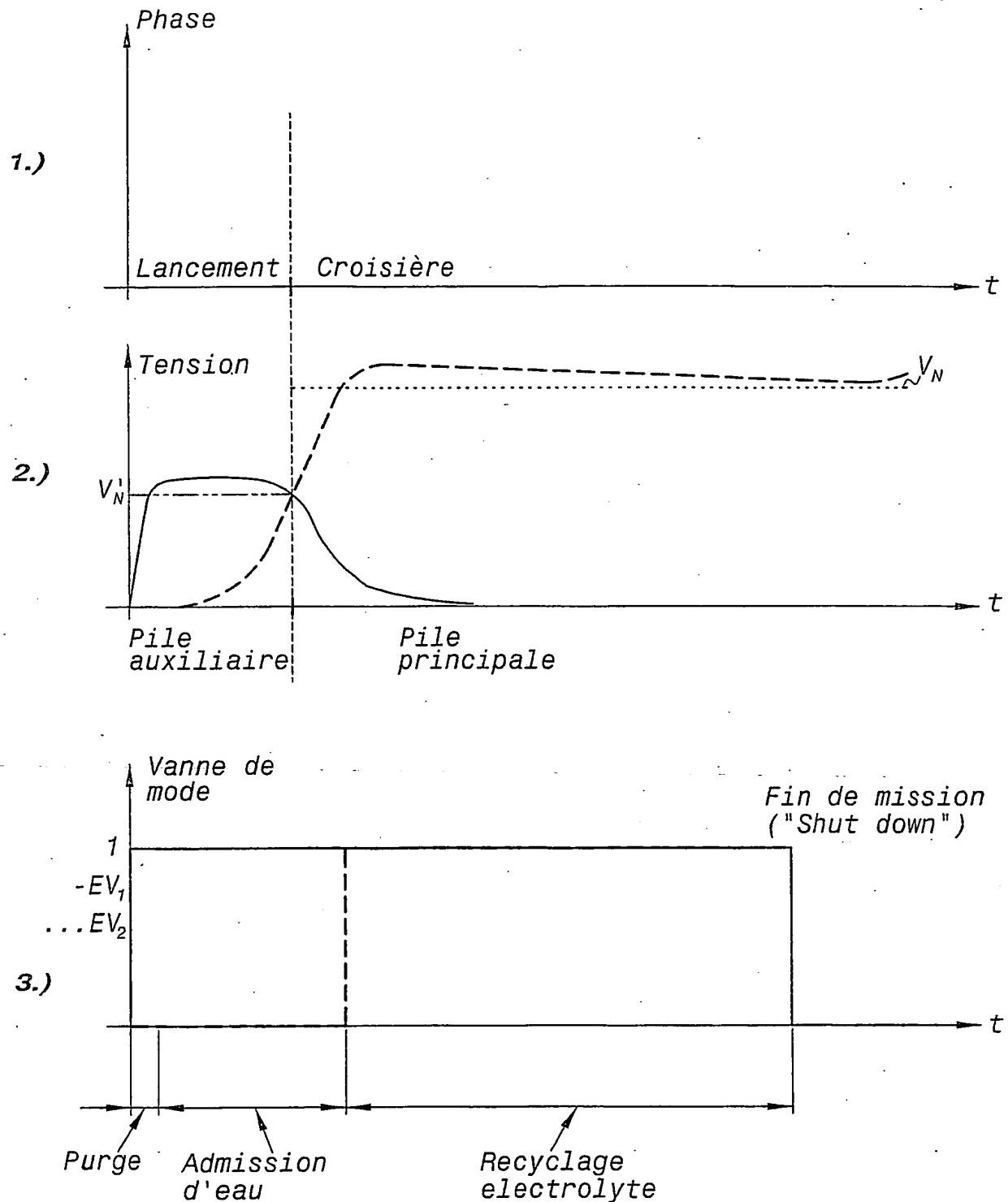


FIG. 1a

2/2

**FIG. 1b**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/002754

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 H01M6/34 H01M2/40 F42B19/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 H01M F42B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 716 750 A (WHITEREAD ALENIA SISTEMI SUBAC ; MICROTECNICA) 1 September 1995 (1995-09-01) *page 2, ligne 16 - page 3, ligne 20; page 6, lignes 21-24*	1-19
A	EP 0 307 292 A (FRANCE ESTAT) 15 March 1989 (1989-03-15) column 2, lines 16-53 - column 5, lines 38-41	1-19
A	US 4 710 438 A (D USSEL LOUIS ET AL) 1 December 1987 (1987-12-01) claims 1-5	1-19

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 March 2005

Date of mailing of the international search report

05/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Boussard, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No	PCT/FR2004/002754
------------------------------	-------------------

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
FR 2716750	A 01-09-1995	IT DE DE EP FR US	T0940128 A1 69501219 D1 69501219 T2 0669666 A1 2716750 A1 5506065 A	25-08-1995 29-01-1998 16-04-1998 30-08-1995 01-09-1995 09-04-1996
EP 0307292	A 15-03-1989	FR DE DE EP	2620273 A1 3875042 D1 3875042 T2 0307292 A1	10-03-1989 05-11-1992 25-02-1993 15-03-1989
US 4710438	A 01-12-1987	FR DE EP JP JP JP	2605804 A1 3771668 D1 0268828 A1 1809038 C 5017663 B 63110554 A	29-04-1988 29-08-1991 01-06-1988 10-12-1993 09-03-1993 16-05-1988

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR2004/002754

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01M6/34 H01M2/40 F42B19/24

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01M F42B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 716 750 A (WHITEREAD ALENIA SISTEMI SUBAC ; MICROTECNICA) 1 septembre 1995 (1995-09-01) *page 2, ligne 16 - page 3, ligne 20; page 6, lignes 21-24*	1-19
A	EP 0 307 292 A (FRANCE ETAT) 15 mars 1989 (1989-03-15) colonne 2, ligne 16-53 - colonne 5, ligne 38-41	1-19
A	US 4 710 438 A (D USSEL LOUIS ET AL) 1 décembre 1987 (1987-12-01) revendications 1-5	1-19



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention.

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

& document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 mars 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

05/04/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Boussard, N

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Henseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/002754

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2716750	A 01-09-1995	IT T0940128 A1 DE 69501219 D1 DE 69501219 T2 EP 0669666 A1 FR 2716750 A1 US 5506065 A	25-08-1995 29-01-1998 16-04-1998 30-08-1995 01-09-1995 09-04-1996
EP 0307292	A 15-03-1989	FR 2620273 A1 DE 3875042 D1 DE 3875042 T2 EP 0307292 A1	10-03-1989 05-11-1992 25-02-1993 15-03-1989
US 4710438	A 01-12-1987	FR 2605804 A1 DE 3771668 D1 EP 0268828 A1 JP 1809038 C JP 5017663 B JP 63110554 A	29-04-1988 29-08-1991 01-06-1988 10-12-1993 09-03-1993 16-05-1988